

# BREVET D'INVENTION

CERTIFICAT D'UTILITÉ - CERTIFICAT D'ADDITION

## COPIE OFFICIELLE

Le Directeur général de l'Institut national de la propriété industrielle certifie que le document ci-annexé est la copie certifiée conforme d'une demande de titre de propriété industrielle déposée à l'Institut.

Fait à Paris, le 21 OCT. 2003

Pour le Directeur général de l'Institut  
national de la propriété industrielle  
Le Chef du Département des brevets

Martine PLANCHE

DOCUMENT DE PRIORITÉ

PRÉSENTÉ OU TRANSMIS  
CONFORMÉMENT À LA  
RÈGLE 17.1.a) OU b)

INSTITUT  
NATIONAL DE  
LA PROPRIÉTÉ  
INDUSTRIELLE

SIEGE  
26 bis, rue de Saint Petersburg  
75800 PARIS cedex 08  
Téléphone : 33 (0)1 53 04 53 04  
Télécopie : 33 (0)1 53 04 45 23  
www.inpi.fr

BEST AVAILABLE COPY



# BREVET D'INVENTION

26bis, rue de Saint-Pétersbourg  
75800 Paris Cédex 08

Téléphone: 01 53.04.53.04 Télécopie: 01.42.94.86.54

Code de la propriété intellectuelle-livre VI

REQUÊTE EN DÉLIVRANCE

DATE DE REMISE DES PIÈCES: 18 oct 2002  
N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL: 0213018  
DÉPARTEMENT DE DÉPÔT: 75  
DATE DE DÉPÔT:

18 OCT. 2002

Alain CATHERINE  
CABINET HARLE ET PHELIP  
7 rue de Madrid  
75008 PARIS  
France

Vos références pour ce dossier: P311FR

## 1 NATURE DE LA DEMANDE

Demande de brevet

## 2 TITRE DE L'INVENTION

MOTEUR A COMBUSTION INTERNE A INJECTION DIRECTE ET BOUGIE A  
PRECHAMBRE, PROCEDE D'ALLUMAGE ET APPLICATION.

## 3 DECLARATION DE PRIORITE OU REQUETE DU BENEFICE DE LA DATE DE DEPOT D'UNE-DEMANDE ANTERIEURE FRANCAISE

Pays ou organisation      Date      N°

## 4-1 DEMANDEUR

Nom: PEUGEOT CITROEN AUTOMOBILES S.A.  
Rue: 65-71 Boulevard du Château  
Code postal et ville: 92200 NEUILLY SUR SEINE  
Pays: France  
Nationalité: France  
Forme juridique: Société anonyme


## 5A MANDATAIRE

Nom: CATHERINE  
Prénom: Alain  
Qualité: CPI: bm [92-1045 i]  
Cabinet ou Société: CABINET HARLE ET PHELIP  
Rue: 7 rue de Madrid  
Code postal et ville: 75008 PARIS  
N° de téléphone: 33 1 53 04 64 64  
N° de télécopie: 33 1 53 04 64 00  
Courrier électronique: cabinet@harle.fr

## 6 DOCUMENTS ET FICHIERS JOINTS

Fichier électronique      Pages      Détails

Description	desc.pdf	19	
Revendications	V	4	17
Dessins		3	8 fig., 1 ex.
Abrégé	V	1	
Désignation d'inventeurs			
Listage des sequences, PDF			
Rapport de recherche			

<b>8 RAPPORT DE RECHERCHE</b>				
Etablissement immédiat				
<b>9 REDEVANCES JOINTES</b>	Devise	Taux	Quantité	Montant à payer
062 Dépôt	EURO	35.00	1.00	35.00
063 Rapport de recherche (R.R.)	EURO	320.00	1.00	320.00
068 Revendication à partir de la 11ème	EURO	15.00	7.00	105.00
Total à acquitter	EURO			460.00
<b>10 SIGNATURE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE</b>				
Signé par	Alain CATHERINE 			

La loi n°78-17 du 6 janvier 1978 relative à l'informatique aux fichiers et aux libertés s'applique aux réponses faites à ce formulaire.  
Elle garantit un droit d'accès et de rectification pour les données vous concernant auprès de l'INPI.

La présente invention concerne un moteur à combustion interne à injection directe et bougie à préchambre, un procédé d'allumage et une application du procédé au moteur. Elle est destinée à l'industrie des moteurs à essence, gaz ou autres, à combustion interne à deux ou quatre temps, aussi bien pour des engins motorisés à type motocycles, automobiles, aéronefs... que des appareillages motorisés à type de générateurs, outillages ou autres. Bien que préférentiellement mise en œuvre dans un moteur à piston et vilebrequin, elle peut s'appliquer à un moteur du type rotatif.

Les moteurs à combustion interne sont connus depuis de nombreuses années et ont constamment évolués. On prend ici, à titre d'état de la technique, les moteurs à combustion interne les plus classiques, c'est-à-dire à piston et vilebrequin permettant de transformer un mouvement alternatif d'un piston sous l'effet de la combustion d'un mélange combustible, en un mouvement circulaire. Ce type de moteur comporte un ou plusieurs organes moteurs. Chaque organe moteur comporte une chambre de combustion d'un mélange combustible à type de composants carburants et comburants, en général essence et air, et munie d'un système de compression, en l'espèce un piston pour ce type de moteur, un système d'allumage du mélange combustible par un générateur d'étincelles électriques ainsi que des dispositifs de passage séquentiels pour les composants carburants et comburants et pour les produits de combustion. Le fonctionnement de ce type de moteur qu'il soit à deux ou à quatre temps est classiquement connu et il ne sera pas détaillé ici.

Depuis quelques années on a souhaité optimiser le fonctionnement des moteurs à combustion interne et en particulier de réduire leur consommation en carburant et les rejets des produits de combustions, ceux-ci devant de plus être des produits ultimes de combustion et limiter les espèces azotées oxydées. Pour ce faire, des perfectionnements ont été apportés au fonctionnement de base de ce type de moteur. Ces perfectionnements concernent par exemple le dispositif d'allumage,

des dispositifs additionnels, des modalités de fourniture des composants comburants et carburants, notamment avec les moteurs à injection directe. Les progrès de l'électronique et des calculateurs ont également permis d'améliorer le fonctionnement des moteurs.

Si l'ensemble de ces perfectionnements a largement permis de réduire la consommation et les émissions, les moteurs correspondants présentent toujours des limitations. En particulier, les moteurs à injection directe d'essence sont généralement pénalisés en préparation du mélange par rapport aux moteurs à injection dans des conduits d'admission par des problèmes d'homogénéité du mélange dans la chambre de combustion. De même, les moteurs à injection directe présentent, dans certaines configurations d'arrangement de l'injecteur et de la bougie, des problèmes d'impact direct du carburant sur les électrodes de la bougie, d'où des problèmes de démarrage à froid et d'encrassement des électrodes de la bougie. Enfin, les moteurs à injection directe sont sensibles à l'impact du carburant relativement froid sur les parois du cylindre. Or, pour assurer une initiation correcte (allumage), il peut être nécessaire d'avoir un jet suffisamment large pour qu'il passe près de la bougie, ce qui implique un effet parois important.

C'est ainsi que, par le brevet EP-0831213 ayant pour titulaire DAIMLERCHRYSLER AG, on connaît un moteur à combustion interne à injection directe qui utilise un allumage par étincelle avec une bougie d'allumage. Un injecteur permet avec une pression élevée d'injecter directement des composants carburants dans la chambre de combustion. La bougie comporte simplement un manchon qui est ouvert dans la chambre de combustion.

Par les demandes FR-2.781.840 et FR-2.810.692 on connaît des dispositions particulières de l'organe moteur avec préchambre séparée de la chambre de combustion par une paroi ne laissant pas passer le front de flamme produit par l'inflammation d'un mélange combustible dans la préchambre. Si ce type de dispositif s'avère efficace pour inhiber le phénomène de cliquetis pour un

fonctionnement à forte charge du moteur, on observe toutefois des instabilités de combustion du moteur pour un fonctionnement à faible charge, notamment lors du fonctionnement au ralenti du moteur.

5 On connaît également des dispositifs à suralimentation permettant d'augmenter la pression dans la chambre de combustion.

L'invention a pour but de proposer un système d'allumage permettant une combustion correcte, c'est-à-dire avec un  
10 rendement de combustion correct, même dans des cas de préparation du mélange défavorable. Dans un mode de réalisation préféré, le système d'allumage vient en lieu et place de la bougie classique sur un moteur conventionnel et aucun aménagement spécifique de la culasse n'est nécessaire. Le système d'allumage  
15 comporte, dans sa partie en relation avec la chambre de combustion, une tête sensiblement sphérique percée de trous ou orifices de passage ou passages, ces termes étant équivalents. A l'intérieur de cette tête, on trouve un allumeur, de préférence une ou plusieurs électrodes permettant de créer une étincelle par  
20 application d'une tension entre celles-ci.

Ainsi l'invention concerne un moteur à combustion interne avec au moins un organe moteur, l'organe moteur comportant :

- une chambre de combustion d'un mélange combustible à type de composants carburants et comburants munie d'un système de  
25 compression,
- un système d'allumage du mélange combustible par un allumeur,
- des dispositifs de passage séquentiels pour les composants carburants et comburants et pour les produits de combustion.

Selon l'invention, le système d'allumage comporte une tête  
30 fermée sensiblement sphérique avec une paroi enfermant l'allumeur dans une préchambre, la tête comportant un ensemble d'orifices destinés à faire communiquer la chambre de combustion et la préchambre afin que du mélange combustible puisse passer dans la préchambre,

et au moins un des dispositifs de passage est un injecteur direct dans la chambre de combustion pour partie ou totalité des composants carburants et/ou comburants.

- 5 (L'injection directe peut en effet concerner soit des carburants seuls. Généralement sous forte pression de l'ordre de 100 bars, soit un prémélange carburants/comburants généralement sous faible pression de l'ordre de 5 à 10 bars).

Dans divers modes de mise en œuvre de l'invention, les moyens suivants pouvant être utilisés seuls ou selon toutes les combinaisons techniquement possibles, sont employés:

- 10 - l'allumeur est un générateur d'étincelles électriques,  
 - le système d'allumage est une bougie à préchambre,  
 - le système d'allumage comporte un système d'introduction de composants carburants et comburants directement dans la  
 15 préchambre,  
 - le système d'allumage comporte un dispositif d'introduction permettant l'introduction directe d'un mélange combustible dans la préchambre,  
 - la paroi de séparation entre la préchambre et la chambre de  
 20 combustion de la tête est convexe vers l'extérieur de la préchambre,  
 - alternativement la paroi de séparation entre la préchambre et la chambre de combustion de la tête est concave vers l'extérieur de la préchambre,  
 25 - alternativement, la paroi de séparation entre la préchambre et la chambre de combustion de la tête est sensiblement un polyèdre, un cône,  
 - la tête de la bougie comporte une paroi du type grille ou matériau poreux,  
 30 - la paroi de séparation entre la préchambre et la chambre de combustion de la tête est réalisée dans un matériau à conductivité thermique supérieure à 10 W/K/m,  
 - la paroi de séparation entre la préchambre et la chambre de combustion de la tête de bougie est réalisée dans un matériau à  
 35 conductivité thermique préférentiellement supérieure à 30 W/K/m,

- la paroi de séparation entre la préchambre et la chambre de combustion de la tête est réalisée en alliage cuivre à conductivité élevée,
- l'alliage de cuivre est CuCr1Zr,
- 5 - la paroi de séparation entre la préchambre et la chambre de combustion de la tête comporte un matériau réfractaire,
- la paroi de la tête de la bougie est recouverte d'une substance facilitant la combinaison réactive des composants carburants et comburants et/ou la dégradation ultime des produits de
- 10 combustion,
- les orifices de la préchambre sur la tête sont des passages cylindriques,
- les orifices de la préchambre sur la tête sont des passages coniques,
- 15 - chaque orifice de la préchambre sur la tête a un diamètre inférieur ou égal à 3 mm,
- les orifices de la préchambre de la tête sont au nombre minimum de trois,
- les orifices de la préchambre de la tête sont organisés sur la tête
- 20 de manière à ce que la combustion du mélange combustible dans la préchambre provoque des jets de matière à travers les orifices vers la chambre de combustion répartis d'une manière à assurer une homogénéité de la combustion du mélange combustible sensiblement dans l'ensemble de la chambre de combustion,
- 25 - le système de compression est un piston dans une chambre de combustion cylindrique à axe central, l'injecteur étant disposé sensiblement axialement à l'opposé du piston et le système d'allumage latéralement par rapport à l'injecteur, et les orifices sont majoritairement disposés vers l'axe,
- 30 - système de compression est un piston dans une chambre de combustion cylindrique à axe central, le système d'allumage étant disposé sensiblement axialement à l'opposé du piston et l'injecteur latéralement par rapport au système d'allumage, et les orifices sont répartis régulièrement sur la surface de la tête,



- le système de compression est un piston dans une chambre de combustion cylindrique à axe central, l'injecteur et le système d'allumage étant disposés latéralement par rapport audit axe, et les orifices sont majoritairement disposés vers l'axe,
- 5 - tête est disposée sur une partie du trajet des composants carburants injectés afin que ladite tête puisse être mouillée par lesdits composants carburants lors de leur injection directe,
- au moins un des orifices à des dimensions de passage permettant le passage d'un front de flamme de la préchambre vers la chambre
- 10 de combustion,
- chaque orifice permettant le passage du front de flamme a un diamètre compris entre 1 et 3 mm,
- au moins un des orifices à des dimensions de passage ne permettant pas le passage d'un front de flamme de la préchambre
- 15 vers la chambre de combustion tout en permettant le passage d'espèces instables résultant de la combustion dans la préchambre afin de permettre une auto-inflammation du mélange combustible de la chambre de combustion,
- (la tête peut donc comporter des orifices des deux types
- 20 précédents, c'est-à-dire laissant et ne laissant pas passer le front de flamme)
- le nombre d'orifices permettant la propagation d'un front de flamme ménagé dans la tête du corps de préchambre varie de 1 à 5 et de préférence est de 1 et le nombre d'orifices ne permettant pas
- 25 la propagation d'un front de flamme varie de 1 à 20, de préférence de 3 à 15,
- l'ensemble des orifices a des dimensions de passage ne permettant pas le passage du front de flamme de la préchambre vers la chambre de combustion tout en permettant le passage
- 30 d'espèces instables,
- chaque orifice qui ne laisse pas passer le front de flamme a un diamètre inférieur à 1 mm,
- chaque orifice qui ne laisse pas passer le front de flamme a un diamètre compris entre 0,5 et 1 mm,
- 35 - chaque orifice a une longueur inférieure à son diamètre,

- le moteur comporte en outre des moyens permettant de réinjecter avec les composants comburants une partie des produits de combustion,

- 5 - le moteur comporte en outre des moyens permettant de comprimer les composants comburants en amont de l'organe moteur afin de permettre une sur-alimentation,
- l'injecteur est à jets multiples, un des jets étant dirigé vers la tête,
- les jets sont séquentiellement répartis au cours du temps.

10 L'invention concerne également un procédé d'allumage d'un moteur à combustion interne ayant au moins un organe moteur, l'organe moteur comportant:

- une chambre de combustion d'un mélange combustible à type de composants carburants et comburants munie d'un système de compression,
- 15 - un système d'allumage du mélange combustible par un allumeur,
- des dispositifs de passage séquentiels pour les composants carburants et comburants et pour les produits de combustion.

Selon l'invention de procédé :

- on met en œuvre un système d'allumage comportant une tête
- 20 fermée sensiblement sphérique avec une paroi enfermant l'allumeur dans une préchambre, la tête comportant un ensemble d'orifices destinés à faire communiquer la chambre de combustion et la préchambre afin que du mélange combustible puisse passer dans la préchambre,
- 25 - on introduit directement dans la chambre de combustion la totalité des composants carburants et/ou comburants par un des dispositifs de passage qui est un injecteur direct,
- on introduit en outre au moins des composants comburants dans ladite chambre de combustion afin de former le mélange
- 30 combustible,
- on provoque une inflammation du mélange combustible dans la préchambre par l'allumeur, les orifices de la préchambre permettant l'inflammation du mélange combustible de la chambre de combustion.

Les étapes précédentes sont également mises en œuvre dans un procédé caractérisé en ce qu'on laisse passer par les orifices des espèces instables résultant de la combustion dans la préchambre afin de permettre une auto-inflammation du mélange combustible de la chambre de combustion sans toutefois laisser passer le front de flamme de la préchambre vers la chambre de combustion.

L'invention concerne également une application des procédés selon les caractéristiques précédentes au moteur selon l'une ou plusieurs des caractéristiques de moteurs listées précédemment.

L'invention concerne enfin une bougie à préchambre pour mise en œuvre dans le moteur de l'invention et selon l'une ou plusieurs des caractéristiques correspondantes précédemment listées.

Parmi les avantages apportés par l'invention, le système d'allumage à préchambre permet d'obtenir une combustion plus stable, même dans le cas d'un mélange peu homogène. En effet, d'une part plusieurs fronts de flamme atteignent différentes zones de la chambre de combustion et d'autre part, les radicaux émis par les orifices de l'allumeurensemencent la chambre de combustion en différents points et sous les effets combinés de la pression et de la température générées par la remontée du piston, ces précurseurs enflamment le mélange en différents points de la chambre de combustion. La probabilité d'avoir des précurseurs dans une zone favorable à l'initiation de la combustion est donc beaucoup plus élevée que dans le cas d'une bougie classique. De plus, la paroi de la préchambre protège les électrodes de l'impact de carburant liquide sur celles ci, d'où un meilleur comportement en démarrage à froid et une diminution de l'encrassement de la bougie. Ensuite, il est possible d'utiliser un jet d'injecteur venant mouiller directement les parois de la préchambre de combustion, ce qui a pour effet de favoriser la remontée de mélange carburé à l'intérieur de la préchambre. Ceci peut avoir des effets bénéfiques sur le démarrage et l'initiation en général.

Enfin, dans le cas de la combustion stratifiée, l'injection de carburant sur la tête de l'allumeur chaude permet d'augmenter la robustesse AI/AA par l'effet de la vaporisation du carburant à proximité des électrodes (AI correspond à l'avance à l'injection et AA à l'avance à l'allumage). Les autres avantages apportés par la présente invention sont la protection de/des électrodes de la bougie. La probabilité de présence de mélange carburé au voisinage des électrodes est ainsi plus élevée.

L'invention peut également être mise en oeuvre avantageusement dans le cas des moteurs à combustion interne à allumage commandé et fortement suralimenté comme on le verra plus loin en détail.

La présente invention va maintenant être exemplifiée avec la description qui suit et en relation avec :

la Figure 1 qui représente vu dans la préchambre la progression de la combustion produite par une étincelle,

la Figure 2 qui représente vu de la chambre de combustion les différents orifices de la tête de bougie,

les Figures 3, 4, 5, 6 qui représentent vu en coupe d'un cylindre différentes phases de fonctionnement du moteur de l'invention,

la Figure 7 qui représente un exemple de réalisation d'un système d'allumage à type de bougie partiellement en coupe,

la Figure 8 qui représente un exemple de réalisation d'une tête du système d'allumage.

Les systèmes d'allumage dont l'allumeur est un éclateur destiné à produire des étincelles électriques, du type bougie, peuvent présenter des configurations différentes en fonction du type de moteur et/ou des performances recherchées. Par exemple les bougies peuvent être plus ou moins longues. L'invention qui met en oeuvre une bougie à préchambre peut employer différentes configurations de bougies et on en donnera un exemple particulier à la fin de la description. Dans l'invention, la bougie comporte une préchambre selon des caractéristiques qui vont maintenant être précisées.

Des expériences ont été effectuées sur plusieurs configurations de systèmes d'allumages selon l'invention. Les caractéristiques de la bougie à préchambre plus particulièrement évaluée sont:

- 5 - Volume:  $700 \text{ mm}^3$
- Section passage:  $5,1 \text{ mm}^2$
- Rapport  $S/V(\text{mm}^{-1})$ :  $7,4 \times 10^{-3} \text{ mm}^{-1}$

(S étant la somme des sections des passages et V le volume de la préchambre)

- 10 - Distance inter-électrodes : 0,7 mm.

En ce qui concerne le rapport  $S/V$ , il est un indicateur de qualité. Plus ce rapport est faible, meilleur est le rendement d'utilisation du comburant et du carburant. Le cas optimal est celui de la préchambre sphérique.

- 15 Le système d'allumage du type bougie à préchambre de l'invention est un composant ne demandant pas d'usinage particulier au niveau du moteur. L'implantation peut se faire dans un puits de bougie classique de moteur car son diamètre peut être inférieur ou égal à 14 mm. Le volume de la préchambre peut être
- 20 compris entre  $0,2$  et  $2 \text{ cm}^3$ . Préférentiellement, la préchambre a un volume inférieur à  $1,5 \text{ cm}^3$ , généralement compris entre  $0,5 \text{ cm}^3$  et  $1,5 \text{ cm}^3$ . En général, le rapport entre le volume de la préchambre et le volume mort de la chambre principale varie entre 0,1 et 5%, de préférence entre 0,1 et 2%. La forme de la tête du système
- 25 d'allumage est préférablement une calotte sphérique.

- Facultativement le système d'allumage peut en outre comporter une arrivée permettant d'alimenter directement la préchambre en un mélange combustible constitué en amont ou d'introduire du carburant, l'air étant alors mélangé au carburant
- 30 dans la préchambre.

Le système d'allumage comporte dans sa partie en relation avec la chambre de combustion, une tête sphérique percée de trous ou orifices ou passages, ces termes étant équivalents dans le contexte de l'invention. A l'intérieur de cette tête, on trouve

l'allumeur sous forme d'une ou plusieurs électrodes permettant de créer une étincelle par application d'une tension entre celles ci.

Lors de la mise au point du système d'allumage, il a été testé plusieurs configurations de matériau pour la paroi de la  
5 préchambre, à savoir: Acier 35CD4 ; alliage Ni-Fe-Cr, alliage de cuivre dont laiton ou maillechorts ou avec nickel ou aluminium; alliage cuivre à conductivité élevée  $\text{CuCr}_1\text{Zr}$ . Les meilleurs résultats ont été obtenus avec le dernier matériau. L'alliage  $\text{CuCr}_1\text{Zr}$  est une nuance de l'alliage CRM16x avec une composition  
10 nominale  $\text{Cr} > 0,4\%$ ,  $\text{Zr}$  de  $0,022\%$  à  $0,1\%$  et le reste du cuivre.

Comme on l'a indiqué, la préchambre peut être réalisée dans un matériau ayant une conductivité thermique supérieure à  $10\text{W/K/m}$  et de préférence supérieure à  $30\text{W/K/m}$ . On peut ainsi utiliser des matériaux dont la conductivité thermique peut aller  
15 jusqu'à  $350\text{W/K/m}$ . L'utilisation d'un tel matériau, préférentiellement un alliage cuivreux, permet d'évacuer l'énergie au niveau de la paroi de préchambre et ainsi de pallier l'apparition de points chauds au niveau de la préchambre. Par exemple, pour le matériau qui a fait l'objet d'expériences poussées, l'alliage  
20  $\text{CuCr}_1\text{Zr}$ , la conductivité thermique à  $20^\circ\text{C}$  de  $320\text{W/K/m}$ .

A titre d'exemple autre de matériaux utilisables à base de cuivre, on peut considérer une nuance de laiton :  $\text{CUZn37}$  (conductivité :  $113\text{W/(m.K)}$ ).

Le tableau suivant présente différents laitons binaires, cupro-  
25 nickels, cupro-aluminium et maillechorts pouvant être utilisés comme matériau pour le corps de préchambre. Le niveau de conductibilité thermique ainsi que la tenue mécanique à température élevée ( $450\text{-}1000\text{K}$ ) conditionne le choix du matériau.

### Laitons: propriétés physiques

Propriété (composition selon norme NF A 51-101)	Cu Zn 5	Cu Zn 10	Cu Zn 15	Cu Zn 20	Cu Zn 30	Cu Zn 33	Cu Zn 36	Cu Zn 40
Conductivité thermique à 20 °C [W/(m · K)]	234	188	159	138	121	117	117	121

### Maillechorts : propriétés physiques

Propriété (composition selon norme NF A 51-101)	Cu Ni 10 Zn 27	Cu Ni 12 Zn 24	Cu Ni 15 Zn 21	Cu Ni 18 Zn 20	Cu Ni 18 Zn 27	Cu Ni 10 Zn 42 Pb 2	Cu Ni 18 Zn 19 Pb 1
Conductivité thermique à 20 °C [W/(m · K)]	38	38	34	29	25	34	25

Et enfin les alliages:

Cupro-nickel : 21 W/(m · K) (Cu Ni 44 Mn) à 63 W/(m · K) (Cu Ni 5 Fe)

Cupro-aluminium : 75 à 84 W/(m · K) (Cu Al 5, Cu Al 6 ), 38 à 46 W/(m · K) (Cu Al 10 Fe 5 Ni 5 )

Ces données sont tirées de "Technique de l'ingénieur", Volume MB 5 – Etude et propriétés des métaux M437

Ce type de bougie à préchambre est préférentiellement utilisé avec un moteur présentant une perméabilité culasse optimisée au détriment de l'aérodynamique de la chambre de combustion. En effet, le mode de combustion résultant de l'utilisation de la bougie à préchambre permet une vitesse de combustion suffisante pour se passer d'une augmentation de la vitesse de combustion via l'aérodynamique de la chambre de combustion.

La Figure 1 représente donc, vu dans la préchambre 1, la progression de la combustion 2 produite par une étincelle 3.

La Figure 2 représente donc, vu de la chambre de combustion 4, les différents orifices 5 de la paroi de la tête 6 de bougie permettant des communications entre la préchambre 1 et la chambre de combustion 4, encore dite chambre principale. Grâce à ces communications, d'une part, du mélange combustible passe de la chambre de combustion vers la préchambre et, d'autre part, après allumage dans la préchambre, le mélange combustible de la chambre de combustion pourra être amené à s'enflammer. La disposition des orifices permet une distribution sensiblement homogène du front de flamme et/ou des espèces instables qui permettent l'inflammation du mélange combustible de la chambre de combustion.

Les Figures 3, 4, 5, 6 représentent un organe moteur vu en coupe axiale d'un piston 9 et passant par un injecteur 8 et une bougie 7. Les autres organes d'admission et d'échappement pour passages séquentiels des composants comburants (éventuellement carburant) et pour les produits de combustion, ne sont pas détaillés ici. Sur la Figure 3, la phase d'injection des composants carburants par l'injecteur 8 est en cours et une partie des carburants vient mouiller la tête 6 de la bougie 7 qui enveloppe la préchambre. Sur la Figure 4, le moteur étant chaud, les carburants sont vaporisés à la fois sur le piston 9 qui comporte un « bol de piston » et sur la tête 6 de la bougie 7. Sur la Figure 5, la phase de compression est entamée et du mélange combustible passe de la chambre de combustion 4 vers la préchambre 1 de la bougie 7. Sur la Figure 6, la phase de combustion est entamée à partir de la préchambre 1



dans laquelle une étincelle a été produite et par passage, à travers les orifices 5 de la tête 6, du front de flamme et/ou selon le type d'orifice, des espèces instables pour propagation vers la chambre de combustion 4.

5 De préférence la bougie et sa tête sont un seul composant qui remplace une bougie traditionnelle ce qui ne nécessite pas de modification du passage de culasse pour la bougie. Le système d'allumage est ainsi constitué d'un dispositif venant en lieu et place de la bougie traditionnelle. On envisage  
10 également que le système générant l'étincelle soit modifié en fonction de la forme de la tête et, par exemple que l'électrode centrale s'avance davantage dans la tête et se rapproche de la paroi de celle-ci pour que l'arc électrique se forme entre l'électrode  
15 centrale et la paroi de la tête. On comprend bien que dans ce cas, la paroi doit comporter un matériau conducteur de l'électricité pour le retour à la masse du courant d'étincelle. On envisage également que la tête de bougie soit une pièce amovible, par exemple par  
20 vissage, et qu'on puisse la dévisser pour accéder à/aux électrodes de la bougie pour un éventuel réglage d'écartement ou inspection. Dans ce dernier cas, il pourra être souhaitable que la tête se  
prolonge latéralement vers l'arrière dans une zone de vissage sur la culasse afin qu'elle soit maintenue et ne risque pas de se dévisser et de tomber dans la chambre de combustion suite aux  
trépidations du moteur.

25 On comprend bien que les exemples donnés sont purement indicatifs et que l'invention peut être déclinée selon diverses possibilités. On a ainsi vu qu'il était possible d'utiliser une tête avec des orifices des deux types, c'est-à-dire laissant et ne  
30 laissant pas passer le front de flamme. De même, les orientations des orifices peuvent être optimisées en fonction de la disposition relative des différents organes dans le moteur.

Ainsi, parmi les applications de l'invention on peut citer les moteurs à suralimentation. Des essais moteurs d'évaluation du  
35 potentiel de bougies à préchambre ont ainsi été réalisés sur moteur fortement suralimenté, c'est-à-dire jusqu'à plus de 15 bars. Ces

essais ont permis de mettre en évidence une voie d'amélioration concernant l'enrichissement pleine charge (PME=pression moyenne effective=13 bars) lors de l'utilisation de bougies à préchambre.

Les moteurs suralimentés nécessitent une protection  
 5 thermique de la turbine. En effet, celle-ci est exposée directement au flux de gaz chauds sortant du moteur alors que la turbine présente une température maximale admissible, destructrice, limitée. Usuellement, pour pallier cet inconvénient, on a recours à l'enrichissement par ajout de carburant pour limiter la température  
 10 des gaz brûlés en sortie du moteur. En effet, le surplus de carburant ainsi apporté ne peut pas brûler car la quantité d'air présente dans le cylindre est insuffisante (la quantité d'air présente dans le cylindre ne permet de brûler que le carburant équivalent à la richesse 1), et ce surplus de carburant en se vaporisant (chaleur  
 15 latente de vaporisation) permet le refroidissement de la charge. Les gaz sortent donc moins chaud du cylindre. Toutefois cet effet est proportionnel au surplus d'essence apporté et cette essence ne sert qu'à refroidir les gaz ce qui entraîne une augmentation de la consommation.

20 On a pu montrer lors d'expériences sur ce type de moteur suralimenté notamment les améliorations suivantes dans un moteur selon l'invention: une diminution de l'enrichissement pleine charge, une inhibition partielle ou totale phénomène de cliquetis avec un rapport volumétrique compris entre 8 et 14, une meilleure  
 25 utilisation de l'air.

Comme on l'a indiqué en introduction, cet effet de diminution du cliquetis est notamment perceptible dans le cas du  
 fonctionnement du moteur à forte charge. Pour fixer un ordre de grandeur, on entend par fonctionnement à faible charge du moteur  
 30 la plage de fonctionnement du moteur allant du ralenti jusqu'au quart de la pleine charge du moteur, de préférence la plage allant du ralenti à 10% de la pleine charge dans le cas d'un moteur atmosphérique et la plage allant du ralenti à 5% de la pleine charge dans le cas d'un moteur fortement suralimenté.

Dans une alternative de réalisation de la tête du système d'allumage, on met en œuvre des orifices dans la paroi de la tête qui ont un effet différentiel de passage ou non du front de flamme en fonction de la charge du moteur. Cet effet peut être obtenu par exemple par au moins un orifice permettant la propagation d'un front de flamme à faible charge et au moins un orifice ne permettant pas la propagation d'un front de flamme sous toutes conditions de charge ou, alors, par seulement au moins un orifice permettant la propagation d'un front de flamme à faible charge.

10 Dans le cas d'un fonctionnement à faible charge du moteur, le front de flamme peut passer de la préchambre vers la chambre de combustion principale au moyen du/des passages permettant la propagation d'un front de flamme et on provoque ainsi l'inflammation du mélange combustible principal au moyen d'un

15 front de flamme. Dans le cas d'un fonctionnement à forte charge du moteur, la structure des orifices qui laissent passer le front de flamme à faible charge est telle que, à forte charge, le front de flamme ne passe plus, lesdits orifices provoquant une extinction du

20 front de flamme et ce sont alors les composés instables issus de la combustion du mélange combustible de la préchambre qui conduisent à une auto-inflammation en masse du mélange combustible principalensemencé des composés instables dans la chambre principale.

On peut expliquer ce phénomène de la façon suivante. De par

25 la faible quantité de mélange air/carburant dans la préchambre dans les cas faiblement chargés, la montée en pression dans la préchambre à l'allumage est nettement moins violente que dans les cas fortement chargés et le front de flamme obtenu par la combustion du mélange dans la préchambre peut, grâce au

30 passage de grand diamètre se propager dans la chambre de combustion principale. Cette continuité de propagation du front de flamme entre préchambre et chambre de combustion principale entraîne une stabilité à faible charge similaire au cas conventionnel des moteurs à allumage commandé. Dans le cas de fortes charges,

35 la quantité de mélange carburé dans la préchambre est de 3 à 7

fois supérieure au cas faiblement chargé. En conséquence, lors de la combustion du mélange dans la préchambre, la montée en pression est nettement plus importante. Le différentiel de pression entre la préchambre et la chambre principale empêche la propagation du front de flamme de la préchambre à la chambre principale. Néanmoins, les passages laissent passer le flux de composés instables de la préchambre à la chambre principale et, lors de la remontée du piston, la compression produit une auto-inflammation en masse du mélange principal.

On comprend que l'on peut également utiliser des orifices laissant ou ne laissant pas passer le front de flamme que ce soit sous toutes conditions de charge ou non pour obtenir des effets différentiels cette fois en volume, certains types d'orifices étant disposés sur la tête préférentiellement pour avoir des effets déclenchement de combustion dans une zone plus particulière de la chambre de combustion. Ces effets différentiels en fonction de la charge et du volume peuvent être combinés par une disposition particulière d'orifices de structures différentes sur la tête.

Dans une autre alternative de réalisation de la tête du système d'allumage, éventuellement combinée à la précédente, les faces internes et/ou externes de la paroi de la tête de la préchambre ainsi que, éventuellement, les parois des orifices, sont revêtues d'un revêtement réfractaire, tels que des revêtements en  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , ZrY (non forcément stœchiométrique) et  $\text{TiB}_2$ . L'épaisseur de ces revêtements est généralement comprise entre 0,5 et 100  $\mu\text{m}$ , de préférence 1 à 50  $\mu\text{m}$ . On augmente ainsi l'efficacité de combustion dans la préchambre et améliore le fonctionnement à faible charge, en particulier dans le cas de moteurs fortement suralimentés.

La mise en œuvre de l'invention dans un tel moteur suralimenté permet donc de limiter l'enrichissement à forte charge car la combustion est plus rapide et se termine plus-tôt dans le cycle moteur. Les gaz issus de la combustion sortent donc moins chauds du cylindre car le temps entre la fin de combustion et l'ouverture soupape est plus long. L'enrichissement nécessaire à la

consommation inférieure sur ce type de moteur suralimenté par rapport à un allumage classique à bougie à électrodes.

Comme on l'a indiqué, différentes configurations de bougies à préchambre peuvent être utilisées. On donne à la Figure 7 un exemple particulier de bougie à préchambre qui comporte un corps en prolongement de la tête. La bougie 7 est montée vissée dans un taraudage 10a de la culasse 10 fermant un cylindre d'un moteur à combustion interne dont on n'a représenté qu'une partie. La bougie 7 comporte un corps 12 de préchambre 1 de forme générale tubulaire et comprenant une tête 12a de forme générale convexe, de préférence ayant la forme d'une calotte sphérique. La tête 12a du corps 12 de préchambre 1 constitue une paroi de séparation entre la chambre de combustion 4 et la préchambre 1. La préchambre 1 comporte l'allumeur comprenant une électrode centrale 13 et une électrode de masse 14. La tête 12a constituant la paroi de séparation entre la chambre de combustion 4 et la préchambre 1 est pourvue de différents orifices de passages 5, représentés de façon plus détaillée sur la figure 8.

Dans cet exemple, les orifices 5, de forme générale cylindrique, comprennent un passage 5a, ayant un grand diamètre, c'est-à-dire un diamètre supérieur à 1 mm, généralement compris entre plus de 1 mm et 3 mm et une série d'orifices 5b à 5i (7 dans la réalisation de la figure 8) ayant un petit diamètre, c'est-à-dire inférieur ou égal à 1 mm. Généralement, la longueur des passages est inférieure à 1 mm et ils sont ici orientés selon des rayons de la tête hémisphérique 12a. On a également vu que l'orientation et/ou la structure des orifices peut être adaptée à la configuration particulière des éléments du moteur.

Bien qu'on ait représenté un seul orifice 5a de diamètre supérieur à 1 mm (réalisation préférée), la tête 12a peut comporter plusieurs orifices de grand diamètre. Toutefois dans certaines applications, comme on l'a vu avec les effets différentiels des orifices sur le front de flamme en fonction de la charge, le nombre et la dimension des orifices doivent être tels qu'aucun front de

flamme ne puisse se propager de la préchambre à la chambre de combustion lorsque le moteur fonctionne à forte charge.

On comprend bien que les exemples donnés sont purement indicatifs et qu'il est possible de mettre en oeuvre l'invention selon  
5 diverses modalités sans sortir de son cadre général.

## REVENDEICATIONS

1. Moteur à combustion interne avec au moins un organe moteur, l'organe moteur comportant :
  - 5 - une chambre de combustion (4) d'un mélange combustible à type de composants carburants et comburants munie d'un système de compression (9),
  - un système d'allumage (7) du mélange combustible par un allumeur,
  - 10 - des dispositifs de passage séquentiels pour les composants carburants et comburants et pour les produits de combustion, caractérisé en ce que le système d'allumage comporte une tête (6)(12a) fermée sensiblement sphérique avec une paroi enfermant l'allumeur dans
  - 15 une préchambre (1), la tête comportant un ensemble d'orifices (5) destinés à faire communiquer la chambre de combustion et la préchambre afin que du mélange combustible puisse passer dans la préchambre,
  - et en ce qu'au moins un des dispositifs de passage est un injecteur
  - 20 direct (8) dans la chambre de combustion pour partie ou totalité des composants carburants et/ou comburants.

2. Moteur selon la revendication 1 caractérisé en ce qu'au moins un des orifices a des dimensions de passage permettant le passage d'un front de flamme de la préchambre vers la chambre de
- 25 combustion.

3. Moteur selon la revendication 1 ou 2 caractérisé en ce qu'au moins un des orifices a des dimensions de passage ne permettant pas le passage d'un front de flamme de la préchambre vers la chambre de combustion tout en permettant le passage
- 30 d'espèces instables résultant de la combustion dans la préchambre afin de permettre une auto-inflammation du mélange combustible de la chambre de combustion.

4. Moteur selon la revendication 3 caractérisé en ce que l'ensemble des orifices ont des dimensions de passage ne
- 35 permettant pas le passage du front de flamme de la préchambre

vers la chambre de combustion tout en permettant le passage d'espèces instables.

5 Moteur selon la revendication 3 ou 4 caractérisé en ce que chaque orifice qui ne laisse pas passer le front de flamme a un diamètre inférieur à 1 mm.

6. Moteur selon l'une des revendications 3, 4 ou 5 caractérisé en ce que chaque orifice a une longueur inférieure à son diamètre.

10 7. Moteur selon l'une quelconque des revendications précédentes caractérisé en ce que la paroi de séparation entre la préchambre et la chambre de combustion de la tête est réalisée dans un matériau à conductivité thermique supérieure à 10 W/K/m.

15 8. Moteur selon l'une quelconque des revendications précédentes caractérisé en ce que la paroi de séparation entre la préchambre et la chambre de combustion de la tête est réalisée en alliage cuivre à conductivité élevée (CuCr1Zr).

9. Moteur selon l'une quelconque des revendications précédentes caractérisé en ce que les orifices de la préchambre de la tête sont au nombre minimum de trois.

20 10. Moteur selon l'une quelconque des revendications précédentes caractérisé en ce que les orifices de la préchambre de la tête sont organisés sur la tête de manière à ce que la combustion du mélange combustible dans la préchambre provoque des jets de matière à travers les orifices vers la chambre de combustion répartis d'une manière à assurer une homogénéité de  
25 la combustion du mélange combustible sensiblement dans l'ensemble de la chambre de combustion.

30 11. Moteur selon la revendication 10 caractérisé en ce que le système de compression est un piston dans une chambre de combustion cylindrique à axe central, l'injecteur étant disposé sensiblement axialement à l'opposé du piston et le système d'allumage latéralement par rapport à l'injecteur, et en ce que les orifices sont majoritairement disposés vers l'axe.

35 12. Moteur selon la revendication 10 caractérisé en ce que le système de compression est un piston dans une chambre de combustion cylindrique à axe central, le système d'allumage étant



disposé sensiblement axialement à l'opposé du piston et l'injecteur latéralement par rapport au système d'allumage, et en ce que les orifices sont répartis régulièrement sur la surface de la tête.

5 13. Moteur selon la revendication 10 caractérisé en ce que le système de compression est un piston dans une chambre de combustion cylindrique à axe central, l'injecteur et le système d'allumage étant disposés latéralement par rapport audit axe, et en ce que les orifices sont majoritairement disposés vers l'axe.

10 14. Moteur selon l'une quelconque des revendications précédentes caractérisé en ce que la tête est disposée sur une partie du trajet des composants carburants injectés afin que ladite tête puisse être mouillée par lesdits composants carburants lors de leur injection directe.

15 15. Procédé d'allumage d'un moteur à combustion interne ayant au moins un organe moteur, l'organe moteur comportant:  
- une chambre de combustion d'un mélange combustible à type de composants carburants et comburants munie d'un système de compression.

20 - un système d'allumage du mélange combustible par un allumeur,  
- des dispositifs de passage séquentiels pour les composants carburants et comburants et pour les produits de combustion, caractérisé en ce que

25 on met en œuvre un système d'allumage comportant une tête fermée sensiblement sphérique avec une paroi enfermant l'allumeur dans une préchambre, la tête comportant un ensemble d'orifices destinés à faire communiquer la chambre de combustion et la préchambre afin que du mélange combustible puisse passer dans la préchambre,

30 et en ce que  
on introduit directement dans la chambre de combustion la totalité ou une partie des composants carburants et/ou comburants par un des dispositifs de passage qui est un injecteur direct,  
on introduit en outre au moins des composants comburants dans ladite chambre de combustion afin de former le mélange  
35 combustible,

on provoque une inflammation du mélange combustible dans la préchambre par l'allumeur, les orifices de la préchambre permettant l'inflammation du mélange combustible de la chambre de combustion.

- 5           16. Procédé selon la revendication 15 caractérisé en ce qu'on laisse passer par les orifices des espèces instables résultant de la combustion dans la préchambre afin de permettre une auto-inflammation du mélange combustible de la chambre de combustion sans toutefois laisser passer le front de flamme de la préchambre  
10       vers la chambre de combustion.

17. Application du procédé selon la revendication 15 au moteur de l'une quelconque des revendications 1 à 14.

1/3

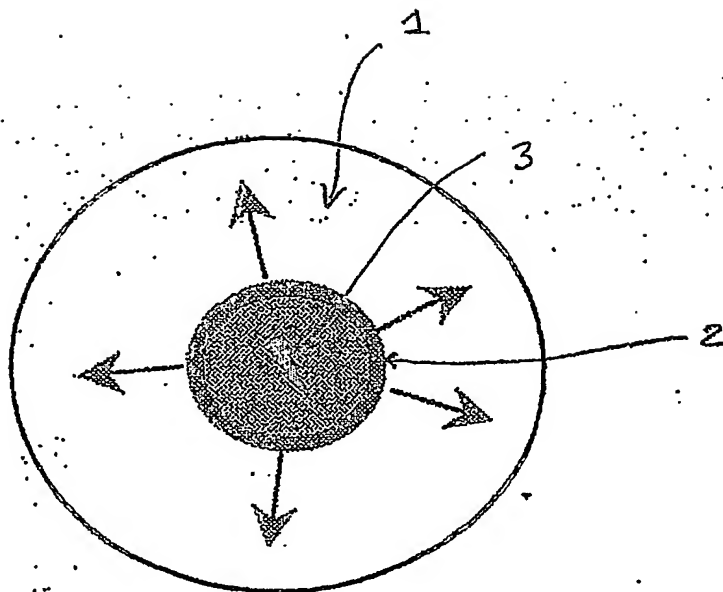


Fig. 1

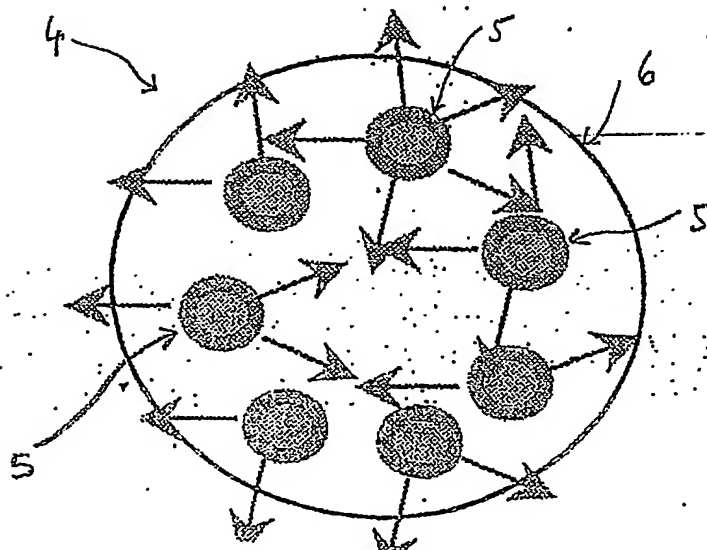


Fig. 2

1/3

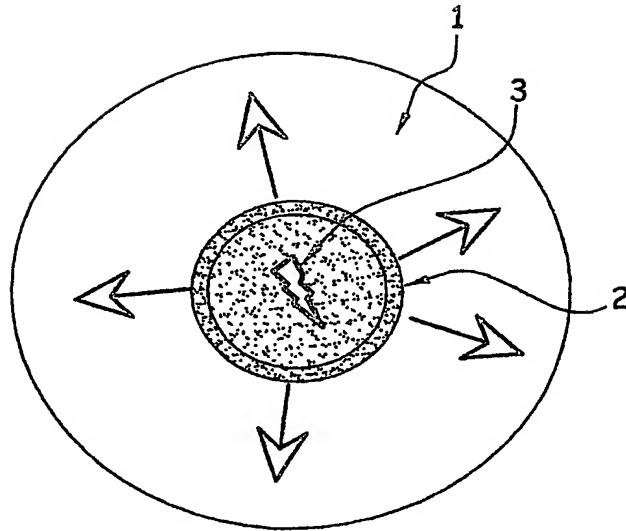


Fig. 1

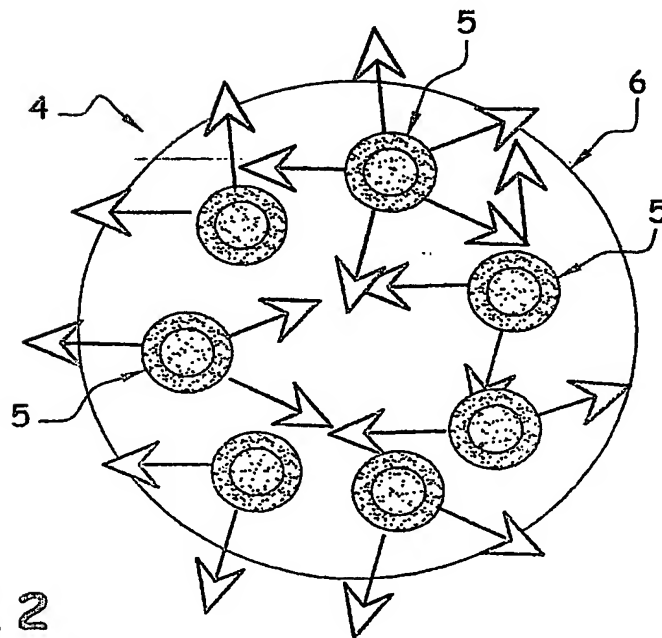
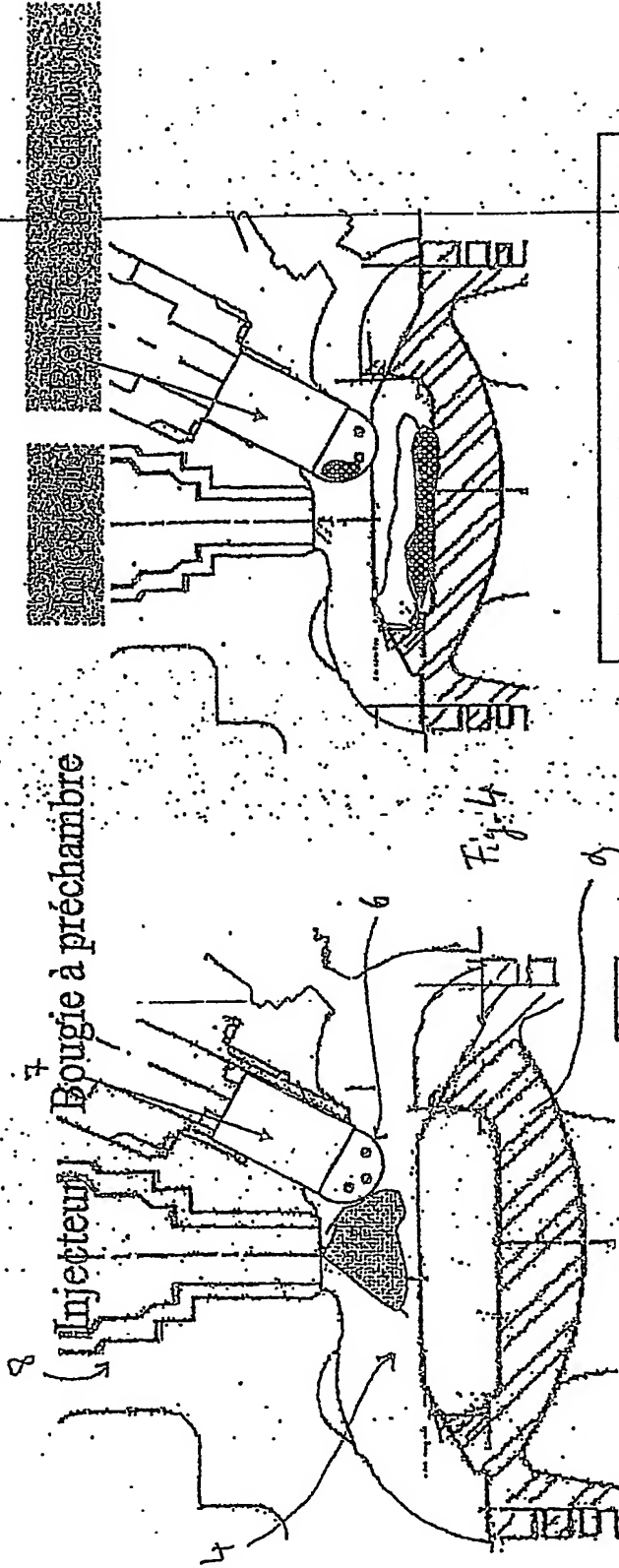
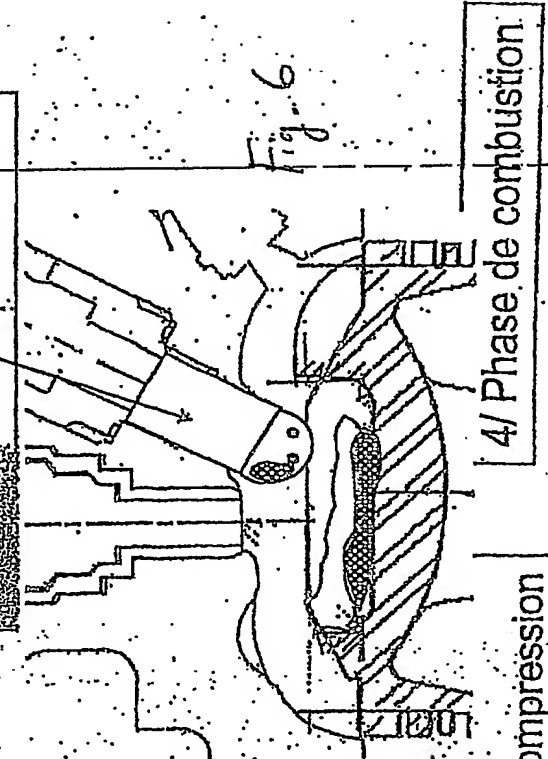


Fig. 2

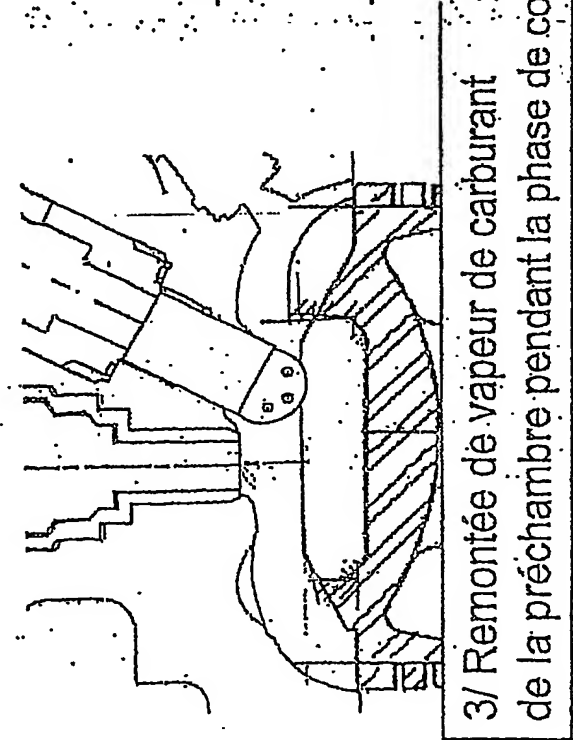
213



2/ Vaporisation du carburant sur tête de préchambre



1/ Injection - mouillage de la tête de préchambre



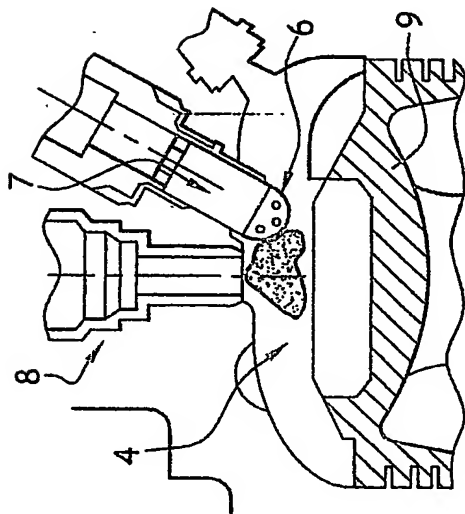


Fig. 3

1/Injection-mouillage  
de la tête de préchambre

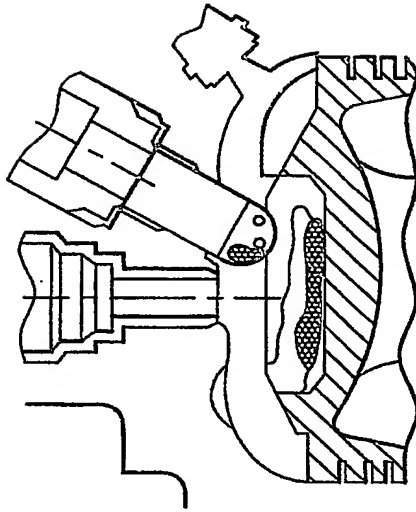


Fig. 4

2/Vaporisation du carburant  
sur tête de préchambre

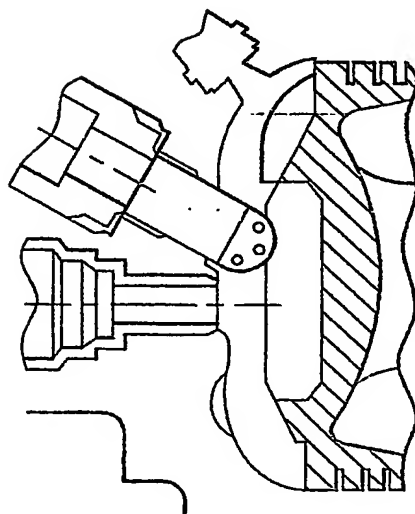


Fig. 5

3/Remontée de vapeur de carburant de la  
préchambre pendant la phase de compression

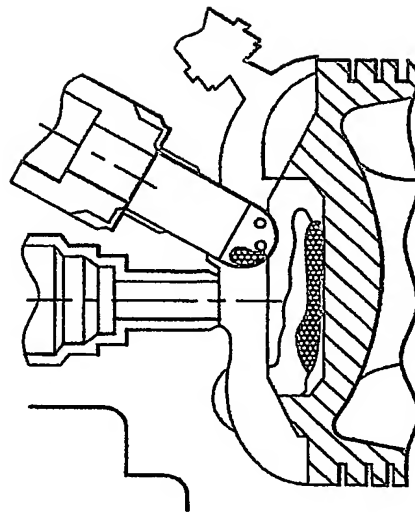


Fig. 6

4/Phase de combustion

3/3

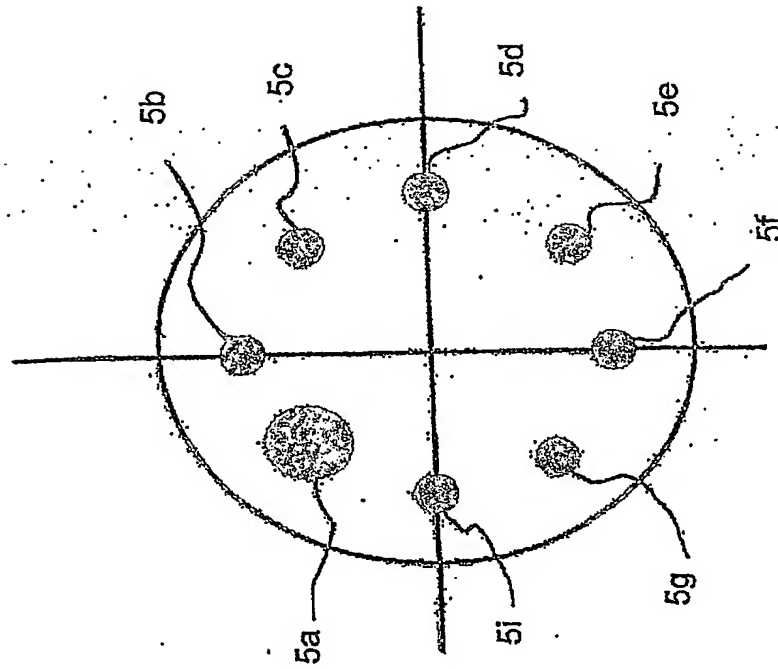


FIGURE 8

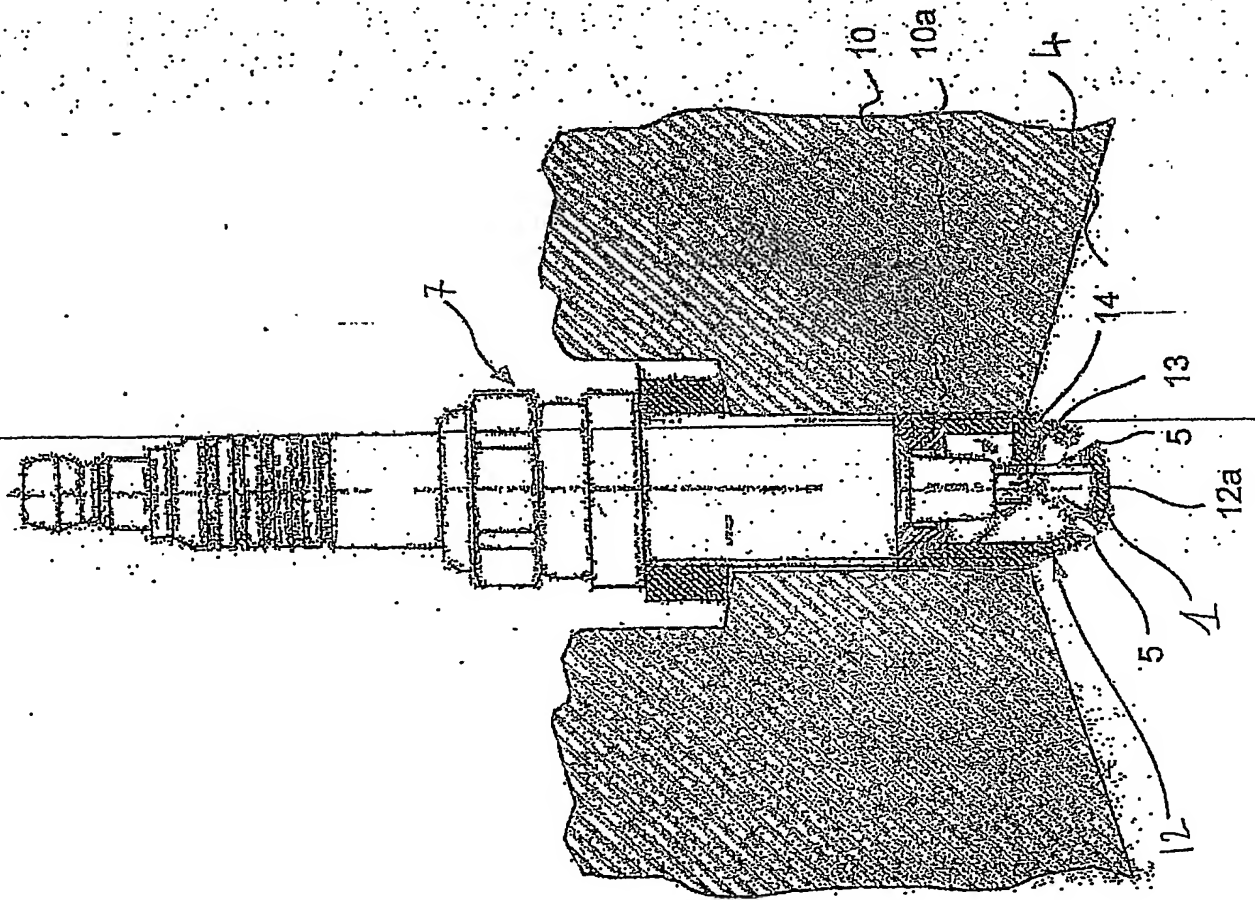
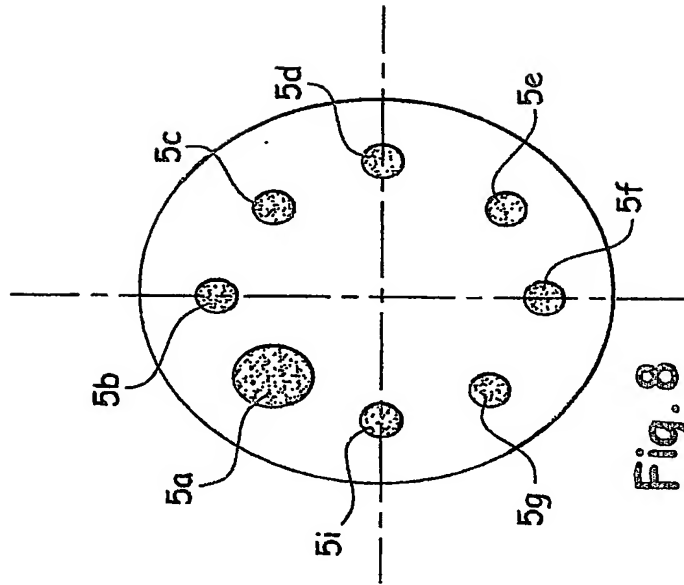
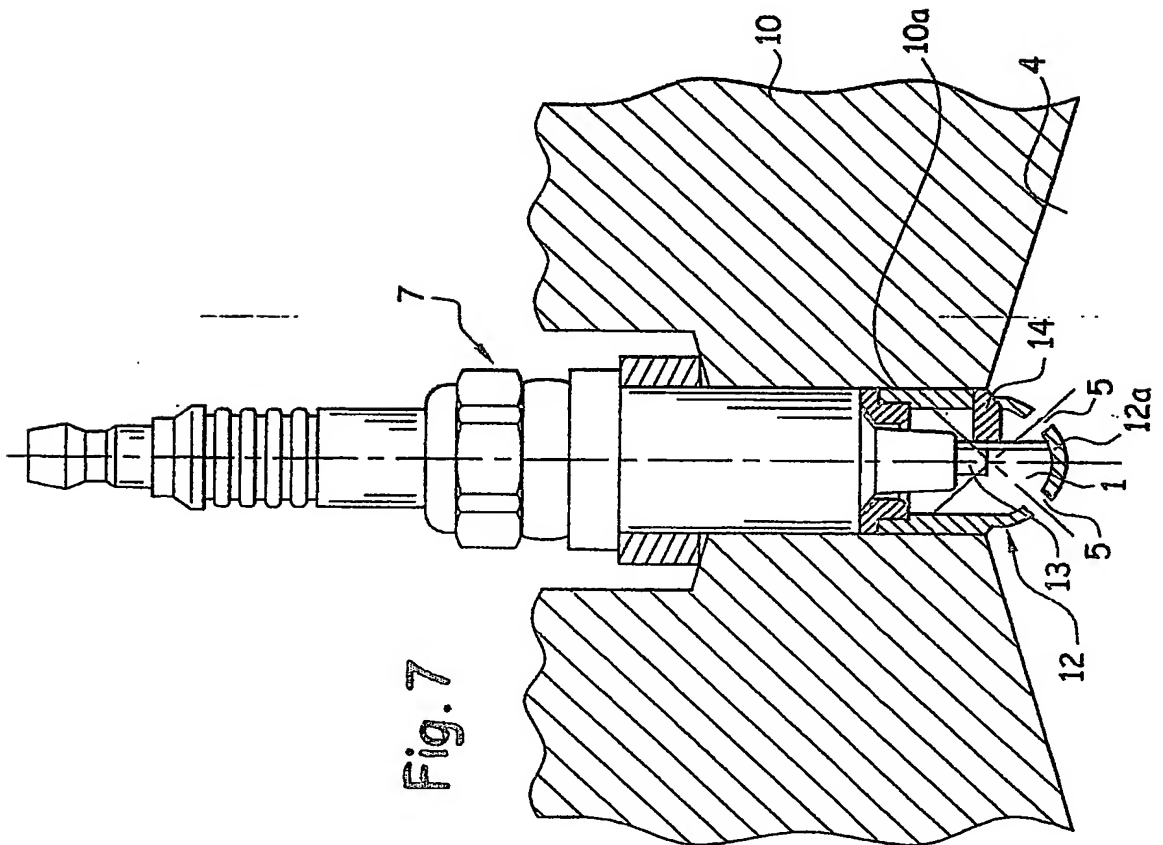


FIGURE 7








## BREVET D'INVENTION

## Désignation de l'inventeur

Vos références pour ce dossier	P311FR
N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL	0213018
TITRE DE L'INVENTION	MOTEUR A COMBUSTION INTERNE A INJECTION DIRECTE ET BOUGIE A PRECHAMBRE, PROCEDE D'ALLUMAGE ET APPLICATION.
LE(S) DEMANDEUR(S) OU LE(S) MANDATAIRE(S):	Alain CATHERINE

DESIGNE(NT) EN TANT QU'INVENTEUR(S):	
Inventeur 1	
Nom	TOURTEAUX
Prénoms	Nicolas
Rue	12 Square RONSARD
Code postal et ville	92500 RUEIL MALMAISON
Société d'appartenance	
Inventeur 2	
Nom	ROBINET
Prénoms	Cyril
Rue	Appartement 106 - Bâtiment D 80, rue Gabriel Péri
Code postal et ville	91430 IGNY
Société d'appartenance	

DATE ET SIGNATURE(S) DU (DES) DEMANDEUR(S) OU DU MANDATAIRE	
Signé par:	Alain CATHERINE 
Date	18 oct. 2002

La loi n°78-17 du 6 janvier 1978 relative à l'informatique aux fichiers et aux libertés s'applique aux réponses faites à ce formulaire. Elle garantit un droit d'accès et de rectification pour les données vous concernant auprès de l'INPI.

PCT Application

**FR0303080**



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☒ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**